



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **G brauchsmust rschrift**
⑩ **DE 201 03 645 U 1**

⑤ Int. Cl.7:
G 01 M 11/00
G 01 J 3/10
H 01 L 31/042
H 02 N 6/00

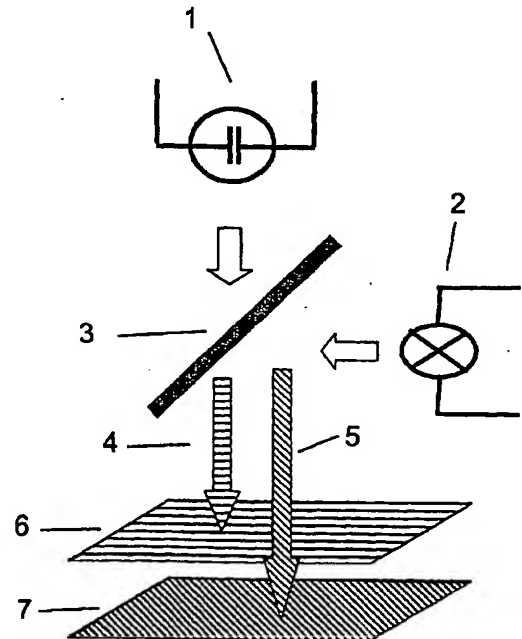
⑲ Aktenzeichen:	201 03 645.2
⑳ Anmeldetag:	2. 3. 2001
㉑ Eintragungstag:	23. 5. 2001
㉒ Bekanntmachung im Patentblatt:	28. 6. 2001

DE 201 03 645 U 1

⑬ Inhaber:
Astrium GmbH, 81667 München, DE

⑤④ **Sonnensimulator mit verschiebbarem Filter**

- ⑤⑦ Sonnensimulator, aufweisend
- eine Strahlungsquelle (8) zur Erzeugung einer Strahlung mit einer spektralen Breite, die weitgehend der spektralen Breite des Sonnenlichts entspricht,
 - mindestens ein im Bereich der Strahlungsquelle angeordnetes Filter (9, 9a, 9b), das langwellige Anteile oder kurzwellige Anteile der Strahlung der Strahlungsquelle (8) unterdrückt und im wesentlichen senkrecht zur Abstrahlrichtung (13) der Strahlungsquelle (8) verschiebbar angeordnet ist,
 - eine Bestrahlungsebene (12) mit Einrichtungen zur Aufnahme zu bestrahlender Objekte (6, 7, 10, 11), die von der Strahlungsquelle (8) und dem mindestens einen Filter (9, 9a, 9b) derart beabstandet ist, dass die direkt von der Strahlungsquelle (8) sowie die von dem mindestens einen Filter (9, 9a, 9b) ausgehende Strahlung als im wesentlichen homogene Strahlung einer punktförmigen Lichtquelle auf der Bestrahlungsebene auftreffen.



DE 201 03 645 U 1

Sonnensimulator mit verschiebbarem Filter

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Sonnensimulator, speziell einen Sonnensimulator,
5 der zur Vermessung von Solarzellen einsetzbar ist.

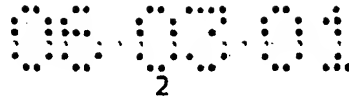
Sonnensimulatoren dienen dazu, das natürliche Sonnenlicht zu simulieren, um die Auswir-
kungen des Sonnenlichts auf bestimmte zu bestrahlende Objekte auch unter Laborbedin-
gungen untersuchen zu können. Eine spezielle Anwendung ist die Untersuchung der Leis-
10 tungsfähigkeit von Solarzellen.

Solche Sonnensimulatoren sind beispielsweise aus US 4,641,227 bekannt. Dort wird durch
eine geeignete Anordnung und Filterung von zwei unabhängigen Strahlungsquellen und
eine anschließende Überlagerung der von diesen Strahlungsquellen ausgehenden Strah-
15 lungen eine Simulation des Sonnenlichts realisiert. Nachteilig ist jedoch der relativ hohe
bauliche Aufwand der Strahlungsquellen-Anordnung sowie der optischen Einrichtungen.
Auch ist die Variationsbreite der erzeugten Strahlung durch die gegebene Einrichtung rela-
tiv gering.

20 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer vereinfachten und variable-
ren Sonnensimulator-Anordnung. Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des An-
spruchs 1.

Der erfindungsgemäße Sonnensimulator, weist folgendes auf:

- 25 - eine Strahlungsquelle zur Erzeugung einer Strahlung mit einer spektralen Breite, die
weitgehend der spektralen Breite des Sonnenlichts entspricht,
- mindestens ein im Bereich der Strahlungsquelle angeordnetes Filter, das langwellige
Anteile oder kurzwellige Anteile der Strahlung der Strahlungsquelle unterdrückt und
im wesentlichen senkrecht zur Abstrahlrichtung der Strahlungsquelle verschiebbar
30 angeordnet ist,
- eine Bestrahlungsebene mit Einrichtungen zur Aufnahme zu bestrahlender Objekte,
die von der Strahlungsquelle und dem mindestens einen Filter derart beabstandet ist,



dass die direkt von der Strahlungsquelle sowie die von dem mindestens einen Filter ausgehende Strahlung als im wesentlichen homogene Strahlung einer punktförmigen Lichtquelle auf der Bestrahlungsebene auftreten.

- 5 Es wird somit im Gegensatz zum Stand der Technik nur eine einzige Strahlungsquelle benötigt, was die Anordnung wesentlich vereinfacht. Durch das mindestens eine verschiebbare Filter kann die Zusammensetzung der Strahlung, also die Anteile der langwelligen und kurzwelligen Strahlungskomponenten, in einem relativ weiten Bereich variiert werden und so das gewünschte Strahlungsspektrum optimal eingestellt werden. Da die Bestrahlungsebene jedoch so angeordnet ist, dass Strahlungsquelle und die durch das mindestens eine Filter tretende Strahlung praktisch als eine einzige Punktquelle angesehen werden können, erhält man trotzdem eine homogene Strahlung in der Bestrahlungsebene und nicht eine Abbildung von Strahlungsquelle und Filter, was zu einem lokal unterschiedlichen Strahlungsspektrum führen könnte.

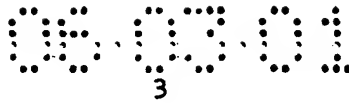
15

Insbesondere kann die Strahlungsquelle als Blitzlichtlampe ausgebildet sein, beispielsweise als Xenon-Blitzlichtlampe.

- 20 Damit die Strahlungsquelle die Wirkung einer Punktquelle entfaltet, wird insbesondere vorgesehen, dass der Abstand zwischen der Strahlungsquelle und dem Filter der Größenordnung der Ausdehnung der Strahlungsquelle entspricht, also der Größenordnung des strahlenden Lichtbogens oder der Lampe oder einer sonstigen strahlenden Einrichtung, die als Strahlungsquelle dient. Eine Möglichkeit zur Realisierung einer homogenen Bestrahlung in der Bestrahlungsebene ist, dass der Abstand zwischen der Bestrahlungsebene und der Strahlungsquelle mindestens das 50fache, bevorzugt mindestens das 100fache des Abstandes zwischen dem mindestens einen Filter und der Strahlungsquelle beträgt.

- 30 Für eine spezielle Verwendung des Sonnensimulators zur Vermessung von Solarzellen kann vorgesehen werden, dass in der Bestrahlungsebene zu vermessende Solarzellen angeordnet sind und in der Bestrahlungsebene außerdem zusätzliche Referenz-Solarzellen für Vergleichsmessungen angeordnet sind. Damit wirkt auf die Referenz-Solarzellen in jedem Fall die gleiche Strahlung wie auf die zu vermessenden Solarzellen. Es können dann beispiels-





weise die zu vermessenden Solarzellen derart ausgebildet sein, dass mindestens eine erste Solarzellenschicht über einer zweiten Solarzellenschicht angeordnet ist, wobei die Solarzellenschichten ein unterschiedliches Absorptionsverhalten aufweisen. Solche Solarzellen sind insbesondere als Dual-Junction-Solarzellen oder auch als Multijunction-Solarzellen bekannt. Die Referenz-Solarzellen werden dann zur Garantie einer möglichst eindeutigen Referenzmessung durch mindestens eine erste Referenz-Solarzellenschicht mit einem Absorptionsverhalten, das der mindestens einen ersten Solarzellenschicht entspricht sowie durch mindestens eine zweite, der ersten Referenz-Solarzellenschicht benachbarte Referenz-Solarzellenschicht, deren Absorptionsverhalten der zweiten Solarzellenschicht entspricht, gebildet, wobei der zweiten Referenz-Solarzellenschicht ein Filter vorgeschaltet ist, das dem Absorptionsverhalten der ersten Solarzellenschicht entspricht. Die Referenz-Solarzellenschichten sind damit unabhängig voneinander, aber sie simulieren dennoch die Gegebenheiten innerhalb der übereinander angeordneten Solarzellenschichten, die es zu vermessen gilt.

Um das in der Bestrahlungsebene auftreffende Spektrum der Strahlung noch weiter variieren zu können, kann vorgesehen werden, dass mindestens zwei Filter im wesentlichen senkrecht zur Abstrahlrichtung verschiebbar angeordnet sind, wobei die Filter derart ausgebildet sind, dass sie jeweils unterschiedliche Anteile der Strahlung unterdrücken. Damit ergibt sich als Gesamtspektrum nun eine Überlagerung der Strahlungsanteile, die kein Filter passiert haben, der Strahlungsanteile, die das erste Filter passiert haben und der Strahlungsanteile, die das zweite Filter oder gar noch weitere Filter passiert haben. Wenn die Filter so angeordnet sind, dass sie übereinander geschoben werden können, ergeben sich zusätzlich auch noch Strahlungsanteile, die zuerst ein erstes und dann ein zweites Filter oder gar noch weitere Filter passiert haben.

Ein spezielles Ausführungsbeispiel wird nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 4 erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1: Sonnensimulator nach dem Stand der Technik



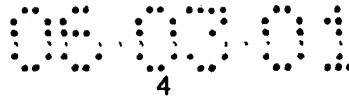


Fig. 2: Schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Sonnensimulators

Fig. 3: Schematische Darstellung des Absorptionsverhaltens der zu vermessenden Solarzellen

5

Fig. 4: Schematische Darstellung des Absorptionsverhaltens der Referenz-Solarzellen

Fig. 5: Sonnensimulator nach Fig. 2, jedoch mit mehr als einem Filter

- 10 In Fig. 1 ist schematisch ein Sonnensimulator nach dem Stand der Technik dargestellt, der zwei Strahlungsquellen 1 und 2 aufweist, wobei ein Filter 3 den langwelligen Teil der durch das Filter 3 hindurchtretenden Strahlung der ersten Strahlungsquelle 1 herausfiltert, so dass nur der kurzwellige Teil 4 der Strahlung dieser Strahlungsquelle 1 durch das Filter 3 hindurchtritt. Die Strahlung 5 der zweiten Strahlungsquelle 2, die in diesem Fall einen hohen langwelligen Anteil aufweist, wird in Richtung der Strahlung 4 der ersten Strahlungsquelle 1 reflektiert, wodurch sich beide Strahlungen 4, 5 zu einem gesamten Strahlungsspektrum überlagern. Dieses kann zur Vermessung von Solarzellen 6, 7 genutzt werden, Beispielsweise zur Vermessung solcher Solarzellen, die aus übereinander angeordneten Solarzellenschichten 6, 7 aufgebaut sind, also sogenannte Dual-Junction- oder Multijunction-Solarzellen. Diese absorbieren in einer oberen Schicht 6 vornehmlich einen ersten Teil der auftreffenden Strahlung, im Beispiel nach Fig. 1 vornehmlich den kurzwelligen Anteil 4. Der langwellige Anteil 5 tritt weitgehend durch diese obere Schicht 6 hindurch und wird erst in der tiefer liegenden Schicht 7 absorbiert. Dies ist in Fig. 3 verdeutlicht, in der die unterschiedliche Absorption verschiedener Wellenlängenbereiche des Strahlungsspektrums $E(\lambda)$ dargestellt ist. Damit tragen beide Schichten 6, 7 durch ihr unterschiedliches Absorptionsverhalten zu einer effektiveren Ausnutzung der Energie der auftreffenden Strahlung 4, 5 und damit zu einer höheren Erzeugung von Photostrom bei.
- 15
- 20
- 25

- Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung, bei der statt zwei Strahlungsquellen nur eine einzige Strahlungsquelle 8 benötigt wird. Dies wird erreicht, indem ein verschiebbares Filter 9, das einen Teil der von der Strahlungsquelle 8 generierten Strahlung absorbiert, in einem geringen Abstand d von der Strahlungsquelle 8 und senkrecht zu der Abstrahlungs-
- 30

richtung 13 verschiebbar angeordnet ist. Das Filter 9 kann entweder die langwelligen oder die kurzwelligen Anteile der Strahlung in einem definierten Maß unterdrücken. Dieses Maß kann je nach Anforderung durch geeignete Filterwahl eingestellt werden. Damit kann ein variabler Teil der abgestrahlten Strahlung gefiltert und so die Zusammensetzung des Gesamtspektrums aus direkt von der Strahlungsquelle 8 ausgehender Strahlung und das Filter 9 passierender Strahlung eingestellt werden. Als Strahlungsquelle 8 kann insbesondere eine Xenon-Blitzlichtlampe verwendet werden.

10 Damit die Strahlungsquelle 8 die Wirkung einer Punktquelle entfaltet, wird insbesondere vorgesehen, dass der Abstand d zwischen der Strahlungsquelle und dem Filter der Größenordnung der Ausdehnung A der Strahlungsquelle 8 entspricht, also der Größenordnung des strahlenden Lichtbogens oder der Lampe oder einer sonstigen strahlenden Einrichtung, die als Strahlungsquelle 8 dient. So können beispielsweise sowohl die Ausdehnung A der Strahlungsquelle 8 als auch der Abstand d im Bereich einiger Zentimeter liegen.

15 Die Strahlung trifft in einer Bestrahlungsebene 12 im Abstand D von der Strahlungsquelle auf zu bestrahlende Objekte, im Fall der Fig. 2 auf Solarzellen 6, 7, 10, 11. Damit dort eine homogene Ausleuchtung durch das Strahlungsgemisch aus gefilterter und nicht-gefilterter Strahlung erfolgt und nicht eine Abbildung von Strahlungsquelle 8 und Filter 9 mit eventuell verbundenen lokal unterschiedlichen Strahlungsspektren erfolgt, wird der Abstand D so groß gegenüber d gewählt, dass der Abstand D mindestens das 50fache des Abstandes d , idealerweise mindestens das 100fache beträgt. So kann d im Bereich einiger Zentimeter liegen, D im Bereich einiger Meter.

25 Die Solarzellen 6, 7 sind bevorzugt als vorstehend beschriebene Dual-Junction- oder Multi-Junction-Solarzellen ausgebildet. Die einzelnen Schichten 6, 7 zeigen daher ebenfalls ein unterschiedliches Absorptionsverhalten nach Fig. 3. Um die Wirkung der auf diese Solarzellenschichten 6, 7 auftreffenden Strahlung 4, 5 eindeutig vermessen zu können, sind in der Bestrahlungsebene 12 idealerweise nebeneinander angeordnete Referenz-Solarzellen 10, 11 vorgesehen. Davon simuliert eine erste Referenz-Solarzelle 10 das Verhalten der obersten Schicht 6, eine weitere Referenz-Solarzelle 11 das Verhalten der unteren Schicht 7. Um das Absorptionsverhalten der oberen Schicht 6 entsprechend zu berücksichtigen, wird

die Referenz-Solarzelle 11 mit einem passenden Filter 14 versehen, das das Absorptionsverhalten der oberen Schicht 6 simuliert. Damit können die beiden Referenz-Solarzellen 10, 11 voneinander unabhängig das Verhalten der entsprechenden Schichten 6, 7 der zu vermessenden Solarzelle 6, 7 nachbilden, wie Fig. 4 veranschaulicht. Die Referenz-Zelle 10 ist
 5 analog zur Schicht 6 überwiegend für die kurzwelligen Anteile 4 der Strahlung des Spektrums $E(\lambda)$ wirksam, die Referenz-Zelle 11 für die langwelligen Anteile 5. Sofern mehr als zwei Schichten 6, 7 vorliegen, sind idealerweise entsprechend mehr Referenz-Solarzellen 10, 11 vorzusehen.

- 10 In Fig. 5 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, die mehr als ein Filter vorsieht. Es sind dort zwei Filter 9a, 9b gezeigt, die senkrecht zur Abstrahlrichtung 13 verschiebbar sind. Prinzipiell sind auch mehr als zwei Filter 9a, 9b denkbar. Diese Filter 9a, 9b unterdrücken unterschiedliche Anteile der Strahlung der Strahlungsquelle 8 und erzeugen damit unterschiedliche Strahlungsanteile, die sich in der Bestrahlungsebene 12 zu einem
 15 Gesamtspektrum überlagern. Die Filter 9a, 9b können auch so angeordnet sein, dass sie übereinander geschoben werden können, so dass noch ein weiterer Strahlungsanteil erzeugt werden kann, der daraus resultiert, dass Strahlung der Strahlungsquelle 8 zunächst ein erstes Filter 9a und dann ein zweites Filter 9b passiert. Eine solche Anordnung kann insbesondere zur Vermessung von Multijunction-Solarzellen 6, 7, 18 verwendet werden, die
 20 aus mehr als zwei einzelnen Schichten 6, 7, 18 bestehen. Entsprechend sollten auch eine gleiche Anzahl von Referenz-Solarzellen 10, 11, 15 vorgesehen werden, die für die entsprechenden Anteile 4, 5, 17 des Strahlungsspektrums wirksam sind. Hierzu sind wiederum einigen der Referenz-Solarzellen 10, 11, 15 geeignete Filter 14, 16 vorgeschaltet.

Schutzansprüche

1. Sonnensimulator, aufweisend
 - eine Strahlungsquelle (8) zur Erzeugung einer Strahlung mit einer spektralen Breite, die weitgehend der spektralen Breite des Sonnenlichts entspricht,
 - mindestens ein im Bereich der Strahlungsquelle angeordnetes Filter (9, 9a, 9b), das langwellige Anteile oder kurzwellige Anteile der Strahlung der Strahlungsquelle (8) unterdrückt und im wesentlichen senkrecht zur Abstrahlrichtung (13) der Strahlungsquelle (8) verschiebbar angeordnet ist,
 - eine Bestrahlungsebene (12) mit Einrichtungen zur Aufnahme zu bestrahlender Objekte (6, 7, 10, 11), die von der Strahlungsquelle (8) und dem mindestens einen Filter (9, 9a, 9b) derart beabstandet ist, dass die direkt von der Strahlungsquelle (8) sowie die von dem mindestens einen Filter (9, 9a, 9b) ausgehende Strahlung als im wesentlichen homogene Strahlung einer punktförmigen Lichtquelle auf der Bestrahlungsebene auftreten.
2. Sonnensimulator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsquelle (8) als Blitzlichtlampe ausgebildet ist.
3. Sonnensimulator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsquelle (8) als Xenon-Blitzlichtlampe ausgebildet ist.
4. Sonnensimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand (d) zwischen dem mindestens einen Filter (9, 9a, 9b) und der Strahlungsquelle (8) der Größenordnung der Ausdehnung (A) der Strahlungsquelle (8) entspricht.
5. Sonnensimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand (D) zwischen der Bestrahlungsebene (12) und der Strahlungsquelle (8) mindestens das 50-fache des Abstandes (d) zwischen dem mindestens einen Filter (9, 9a, 9b) und der Strahlungsquelle (8) beträgt.



6. Sonnensimulator nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand (D) zwischen der Bestrahlungsebene (12) und der Strahlungsquelle (8) mindestens das 100-fache des Abstandes (d) zwischen dem mindestens einen Filter (9, 9a, 9b) und der Strahlungsquelle (8) beträgt.
- 5
7. Sonnensimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Bestrahlungsebene (12) zu vermessende Solarzellen (6, 7) angeordnet sind und in der Bestrahlungsebene (12) Referenz-Solarzellen (10, 11) für Vergleichsmessungen angeordnet sind.
- 10
8. Sonnensimulator nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zu vermessenden Solarzellen (6, 7) derart ausgebildet sind, dass mindestens eine erste Solarzellenschicht (6) über einer zweiten Solarzellenschicht (7) angeordnet ist, wobei die Solarzellenschichten (6, 7) ein unterschiedliches Absorptionsverhalten aufweisen und die Referenz-Solarzellen (10, 11) gebildet werden durch mindestens eine erste Referenz-Solarzellenschicht (10) mit einem Absorptionsverhalten, das der mindestens einen ersten Solarzellenschicht (6) entspricht sowie mindestens eine zweite, der ersten Referenz-Solarzellenschicht (10) benachbarte Referenz-Solarzellenschicht (11), deren Absorptionsverhalten der zweiten Solarzellenschicht (7) entspricht und der ein Filter (14) vorgeschaltet ist, das dem Absorptionsverhalten der ersten Solarzellenschicht (6) entspricht.
- 15
- 20
9. Sonnensimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Filter (9a, 9b) im wesentlichen senkrecht zur Abstrahlrichtung (13) verschiebbar angeordnet sind, wobei die Filter (9a, 9b) derart ausgebildet sind, dass sie jeweils unterschiedliche Anteile der Strahlung unterdrücken.
- 25
10. Sonnensimulator nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Filter (9a, 9b) derart angeordnet sind, dass sie übereinander geschoben werden können.
- 30



06.03.01

1/4

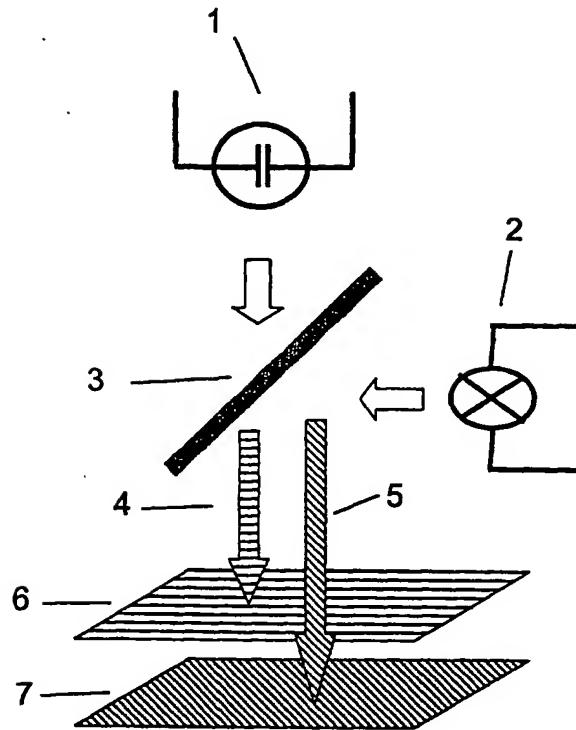


Fig. 1

DE 20103645 U1

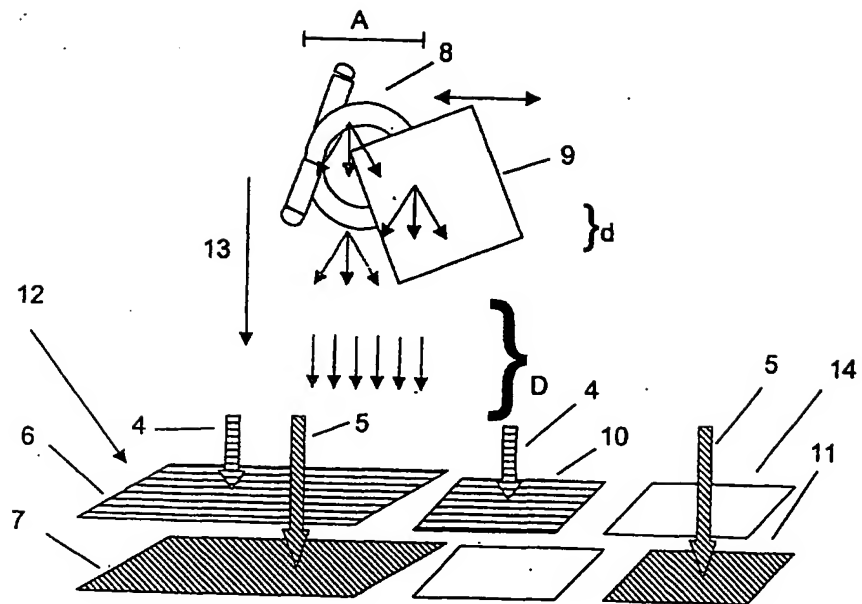


Fig. 2

DE 20103645 U1

05.03.01

3/4

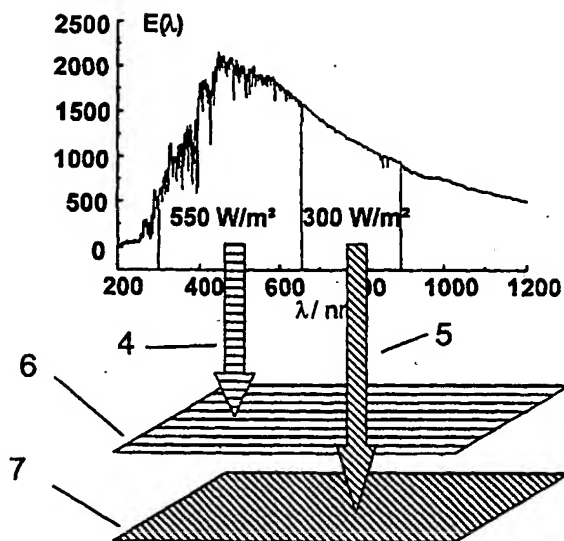


Fig. 3

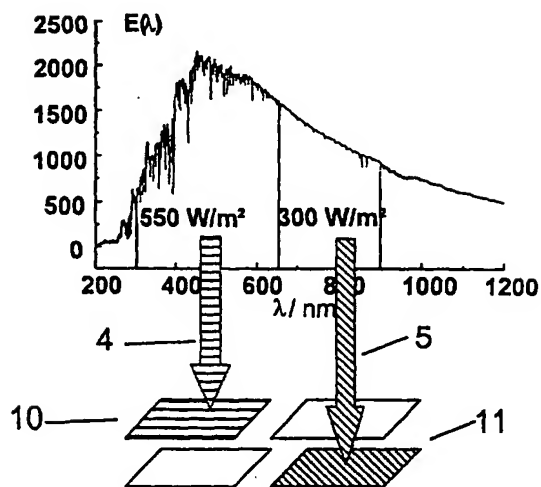


Fig. 4

DE 20103645 U1

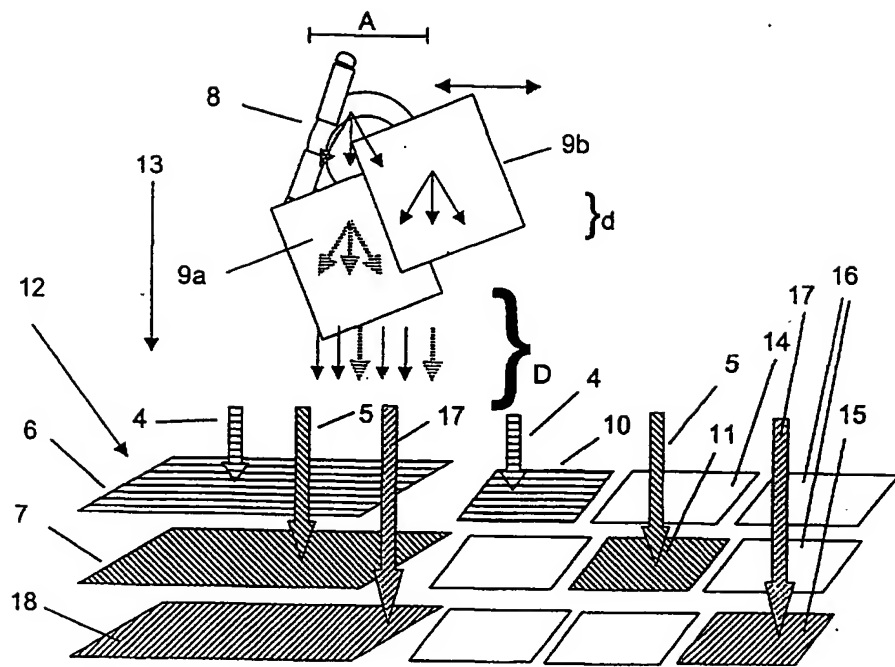


Fig. 5

DE 20103645 U1